

**KAJIAN ABU KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN
PENGANTI SIMEN DALAM KONKRIT**

MD NASSER BIN SAMSUDIN

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2006

**KAJIAN ABU KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN
PENGANTI SIMEN DALAM KONKRIT**

oleh

MD NASSER BIN SAMSUDIN

**Tesis yang diserahkan untuk memenuhi keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sains Teknologi Bangunan**

JUN 2006

PENGHARGAAN

Dengan nama Allah S.W.T yang maha pengasih lagi maha penyayang. Syukur ke hadratNya dengan limpah rahmat dan izinNya memberi kelapangan kepada penulis untuk menyiapkan tesis ini.

Penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Dr. Noor Faisal bin Abas selaku pembimbing utama dan Dr. Mohd Zailan bin Sulieman selaku pembimbing kedua di atas bimbingan, perbincangan, nasihat dan ilmu yang diberikan sepanjang tempoh kajian ini dijalankan. Tidak lupa juga ucapan penghargaan ini ditujukan kepada Dr. Rashidah bt Abdul Rahim selaku pensyarah rujukan, semua pensyarah dan kakitangan Pusat Pengajian Perumahan, Bangunan dan Perancangan, USM yang banyak membantu dan memberi kerjasama yang tidak terhingga. Ucapan terima kasih ditujukan juga kepada Pengetua dan guru-guru Sekolah Menengah Teknik Tunku Abdul Rahman Putra, Pulau Pinang di atas segala bantuan yang dihulurkan.

Kepada Abah, emak dan adik-adik, terutama isteriku Noor Zanariah serta puteri-puteriku, Adibah, Amirah, Amani dan Aifaa yang sentiasa memahami dan mendoakan usaha ini berjaya, pengorbanan kalian dikenang sepanjang hayat. Diharap usaha ini akan menjadi pencetus semangat kepada anak-anak dalam mengejar dan memartabatkan ilmu.

Akhir sekali saya ingin merakamkan ucapan penghargaan ini kepada semua individu yang terlibat samada secara langsung atau tidak langsung dalam menjayakan projek penyelidikan ini.

SUSUNAN KANDUNGAN

| | Muka surat |
|---|------------|
| PENGHARGAAN | ii |
| JADUAL KANDUNGAN | iii |
| SENARAI JADUAL | vi |
| SENARAI RAJAH | vii |
| SENARAI GAMBARFOTO | viii |
| ABSTRAK | ix |
| ABSTRACT | x |
| | |
| BAB SATU : PENDAHULUAN | |
| 1.0 Pengenalan | 1 |
| 1.1 Hipotesis | 2 |
| 1.2 Objektif Kajian | 3 |
| 1.3 Skop Kajian | 3 |
| 1.4 Susunatur Tesis | 4 |
| | |
| BAB DUA : LATAR BELAKANG KAJIAN | |
| 2.0 Pengenalan | 5 |
| 2.1 Simen | 6 |
| 2.1.1 Simen Bukan Hidrolik (<i>Non-Hydraulic Cements</i>) | 6 |
| 2.1.2 Simen Hidraulik (<i>Hydraulic Cements</i>) | 6 |
| 2.1.3 Jenis-jenis simen | 7 |
| 2.2 Abu Kelapa Sawit | 9 |
| | |
| BAB TIGA : PROGRAM KAJIAN | |
| 3.0 Pengenalan | 12 |
| 3.1 Komposii Bahan | 12 |
| 3.1.1 Simen | 12 |
| 3.1.2 Agregat | 13 |
| 3.1.2.1 Agregat Kasar | 13 |
| 3.1.2.2 Agregat Halus | 13 |

| | | |
|-------|-----------------------------------|----|
| 3.1.3 | Air | 13 |
| 3.1.4 | Bahan Buangan | 14 |
| 3.2 | Penyediaan Reka Bentuk Campuran | 14 |
| 3.2.1 | Penyediaan Sampel Kiub dan Prisma | 16 |
| 3.3 | Ujian Penurunan | 16 |
| 3.4 | Perletakan dan Pemadatan | 20 |
| 3.5 | Pengawetan | 22 |
| 3.6 | Ujian Kekuatan Mampat | 23 |
| 3.7 | Ujian Kekuatan Lentur | 24 |
| 3.8 | Ketumpatan | 26 |
| 3.9 | Ujian Tukul Pantul Schmidt | 27 |
| 3.10 | Ujian Halaju Denyut (Pundit) | 28 |
| 3.11 | Ujian Pengkarbonatan | 29 |
| 3.12 | Ujian resapan Air | 31 |

BAB EMPAT : HASIL KAJIAN

| | | |
|-------|--|----|
| 4.0 | Pengenalan | 34 |
| 4.1 | Keputusan Ujian Kekuatan Mampat | 34 |
| 4.1.1 | Perbincangan | 34 |
| 4.2 | Keputusan Ujian Kekuatan Lentur | 37 |
| 4.2.1 | Perbincangan | 37 |
| 4.3 | Keputusan Ujian Ketumpatan | 39 |
| 4.3.1 | Perbincangan | 40 |
| 4.4 | Keputusan Ujian Tukul Pantul Schmidt | 41 |
| 4.4.1 | Perbincangan | 41 |
| 4.5 | Keputusan Ujian Halaju Denyut (PUNDIT) | 44 |
| 4.5.1 | Perbincangan | 45 |
| 4.6 | Keputusan Ujian Pengkarbonatan | 46 |
| 4.6.1 | Perbincangan | 46 |
| 4.7 | Keputusan Ujian Resapan Air | 47 |
| 4.7.1 | Perbincangan | 47 |

BAB LIMA : KESIMPULAN DAN CADANGAN KAJIAN LANJUTAN

| | | |
|------------------------|--------------------------|-----------|
| 5.0 | Kesimpulan | 49 |
| 5.1 | Cadangan Kajian Lanjutan | 51 |
| SENARAI RUJUKAN | | 53 |

SENARAI JADUAL

Muka surat

| | | |
|-----|--|----|
| 2.0 | Sebatian Yang Biasa Terdapat Dalam Kimia Simen | 7 |
| 3.1 | Peratus Reka Bentuk Campuran | 15 |
| 4.1 | Kekuatan Mampat Bagi Spesimen Gred 30 (N/mm ²) | 34 |
| 4.2 | Kekuatan Lentur Bagi Spesimen Gred 30 (N/mm ²) | 37 |
| 4.3 | Perbandingan Ketumpatan Kiub Spesimen Gred 30 | 39 |
| 4.3 | Keputusan Ujian Tukul Pantul Schmidt | 41 |
| 4.5 | Keputusan Ujian Halaju Denyut (PUNDIT) | 44 |
| 4.6 | Perbandingan Kadar Resapan Air Spesimen Gred 30 | 47 |

SENARAI RAJAH

| | Muka surat |
|---|------------|
| 3.1 Jenis – jenis Runtuhan | 20 |
| 4.1 Perbandingan Kekuatan Mampat Spesimen Gred 30 | 35 |
| 4.2 Perbandingan Kekuatan Lentur Spesimen Gred 30 | 38 |
| 4.3 Perbandingan Ketumpatan Kiub Spesimen Gred 30 | 40 |
| 4.4 a. Nilai Kekerasan Ujian Tukul Pantul Schmidt | 42 |
| b. Nilai Kekerasan Ujian Tukul Pantul Schmidt | 43 |
| c. Nilai Kekerasan Ujian Tukul Pantul Schmidt | 44 |
| 4.5 Perbandingan Halaju Denyut Dan Kualiti Spesimen Gred 30 | 45 |
| 4.6 Perbandingan Kadar Resapan Air Spesimen Gred 30 | 48 |

SENARAI GAMBARFOTO

| | Muka surat |
|---|------------|
| 2.1 Tandan Kelapa Sawit | 10 |
| 2.2 Relau Pembakar Tandan Kelapa Sawit | 11 |
| 2.3 Dalam relau Pembakar | 11 |
| 3.1 Abu Kelapa Sawit | 14 |
| 3.2 Persediaan Peralatan Bancuhan Dan bahan Campuran Konkrit | 15 |
| 3.3 Acuan Kiub dab Prisma | 16 |
| 3.4 Peralatan Ujian Penurunan | 17 |
| 3.5 Konkrit Dimasukkan Ke Dalam Acuan (Slump Cone) | 18 |
| 3.6 Konkrit Dimampatkan Dalam Slump Cone | 18 |
| 3.7 Acuan (slump Cone) Diangkat Bagi Memulakan Ujian | 19 |
| 3.8 Kaedah Menjalankan Pengukuran Ujian Penurunan | 19 |
| 3.9 Meja Penggetar | 21 |
| 3.10 Konkrit Yang Telah Dituang Ke Dalam Acuan | 21 |
| 3.11 Spesimen Konkrit Yang Telah Mengeras | 22 |
| 3.12 Pengawetan Konkrit | 23 |
| 3.13 Ujian kekuatan mampat | 24 |
| 3.14 Ujian Kekuatan Lentur | 25 |
| 3.15 Ujian Ketumpatan | 26 |
| 3.16 Ujian Tukul Pantul Schmidt | 27 |
| 3.17 Ujian Halaju Denyut (PUNDIT) | 29 |
| 3.18 Ujian Pengkarbonatan | 30 |
| 3.19 Permukaan Patah Konkrit Yang Disembur Larutan Penoltelin | 30 |
| 3.20 Menggerudi Ke Atas Teras Konkrit | 31 |
| 3.21 Teras Yang Telah Dlgerudi | 32 |
| 3.22 Penyediaan Teras Untuk Ujian Resapan Air | 32 |
| 3.23 Spesimen Direndam | 33 |
| 3.24 Spesimen Ditimbang Basah | 33 |
| 4.1 Kiub Mula Dikenakan Kekuatan Mampat | 36 |
| 4.2 Kiub Mula Dikenakan Kekuatan Mampat Maksima | 36 |
| 4.3 Prisma Yang Dikenakan Kekuatan Lentur (Tidak Putus) | 38 |
| 4.4 Prisma Yang Dikenakan Kekuatan Lentur (Tidak Putus) | 39 |
| 4.5 Keputusan Ujian Pengkarbonatan | 46 |

KAJIAN ABU KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN PENGANTI SIMEN DALAM KONKRIT

ABSTRAK

Konkrit banyak digunakan dalam pembinaan. Konkrit adalah campuran simen batu, pasir dan air. Sifat konkrit basah dan keras banyak dipengaruhi oleh nisbah air-simen dan pemilihan agregat halus atau pasir. Pada masa hadapan, jumlah pengeluaran mungkin akan berkurangan. Oleh yang demikian bahan lain perlu dicari. Tujuan kajian ini adalah untuk mengkaji prestasi abu kelapa sawit sebagai pengganti simen dalam konkrit. Di dalam kajian ini, simen Portland biasa (OPC), batu, pasir, air dan abu kelapa sawit yang diambil dari Kilang Pemprosesan Kelapa sawit digunakan. Abu kelapa sawit ialah bahan buangan yang tidak mempunyai nilai komersial selain dijadikan baja komposit. Uji kaji ini dijalankan dengan membuat perbandingan antara konkrit abu kelapa sawit dengan simen. Ujian-ujian yang dijalankan ialah Ketumpatan Kiub, Halaju Ultrasonik PUNDIT, Kekuatan Mampat, Kekuatan Lentur Kadar bahan dan Kadar Resapan Air bagi sampel konkrit menggunakan nisbah air simen 0.57. Sampel diawet selama 3, 7, 14, 28 dan 90 hari dalam air biasa. Daripada keputusan uji kaji, abu kelapa sawit boleh digunakan sebagai pengganti simen. Abu kelapa sawit juga mampu memberikan nilai kekuatan mampatan yang tinggi seperti simen.

PALM ASH AS CEMENT REPLACEMENT IN CONCRETE

ABSTRACT

Concrete is being used a lot in construction. Concrete is made from aggregate, water and cement. The characteristic of wet concrete is that, it is wet and hard and very much depend on the ratio of water-cement and also the texture of aggregate. Due to that, other materials also used to be find as an alternative. The aim of this research is that to find out whether the palm ash can be used as alternative to concrete. Portland cement, aggregate, water and palm ash are used in this research. The palm ashes is an industrial as waste that was no commercial value, except for it is used as composite fertilizer.

This research is carried out to compare the palm ash concrete and cement. The research that has been carried out are the cube density, the velocity of ultrasonic PUNDIT, the strength of compression, flexural strength, and the ratio water absorption to cement is 0.57 for sample concrete.

The sample curing will take 3, 7, 14, 28 and up to 90 days sometime in the plain water. From research, we fixed out that the palm ash can be used as cement replacement. The palm ash can given exactly the same compression strength like cement.

BAB SATU

PENDAHULUAN

1.0 Pengenalan

Simen mungkin boleh dianggap sebagai pengikat yang paling cekap yang pernah diketahui manusia setakat ini. Ianya membolehkan manusia mendirikan beberapa binaan besar seperti empangan, asas struktur langsing bertegasan tinggi, jambatan, bangunan tinggi serta kawasan berturap seperti landasan kapal terbang

Sebahagian daripada penggunaan ini memerlukan simen mengikat bahan khusus seperti pepejal gentian dan juga buih gas. Penggunaan konkrit yang sangat banyak pada setiap tahun memperlihatkan ia hanya terdiri daripada simen, agregat sernulajadi dan air kemudian dicampur serta diletakkan di kawasan tapak dengan peralatan serba murah juga mudah secara relatif.

Dalam pemilihan rekabentuk dan campuran bahan dalam konkrit, terdapat beberapa faktor yang perlu diambil perhatian supaya kekuatan yang diinginkan akan dapat diperolehi. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi kekuatan dan kelasakan konkrit ialah nisbah air-simen dan kadar campuran. Agregat merupakan salah satu bahan utama dalam campuran konkrit selain daripada simen dan air iaitu antara 50% hingga 80% daripada isipadu konvensional konkrit dan dengan itu memberikan pengaruh yang besar terhadap sifat konkrit.

Pada masa kini, penggunaan konkrit semakin bertambah dari masa ke semasa disebabkan aktiviti pembangunan yang semakin pesat. Disebabkan penggunaan konkrit yang semakin meluas, teknologi berkaitan semakin berkembang apabila pelbagai kajian dilakukan untuk meningkatkan ciri-ciri konkrit dan mengurangkan kos.

Ini secara tidak langsung permintaan terhadap simen semakin tinggi. Bahan yang digunakan untuk menghasilkan simen adalah batu kapur yang dibakar bersama tanah liat serta bahan kimia yang lain. Batu kapur selalunya diambil dari bukit-bukit batu kapur. Pengambilannya yang tidak terkawal boleh menjejaskan aktiviti kehidupan

serta habitat sesuatu tempat. Selain dari itu batu kapur semakin sukar didapati pada sesetengah tempat, mahu ataupun tidak ini akan menyebabkan permintaannya tinggi.

Namun demikian masalah ini boleh diatasi dengan menggunakan sisa terbuang sebagai alternatif dan ianya lebih menjimatkan seperti abu kelapa sawit.

1.1 Hipotesis

Abu kelapa sawit merupakan bahan buangan yang tidak dipedulikan dan sering dijadikan baja. Didalam industri binaan, bahan buangan digunakan dalam menghasilkan panel dinding, bata blok dan juga sebagai kemasan. Penggunaan abu kelapa sawit ini sebagai bahan pengganti simen perlu didasarkan kepada kepada beberapa kaedah campuran tertentu. Inilah yang menjadi salah satu objektif kajian iaitu mengkaji sejauh manakah abu kelapa sawit dapat meningkatkan prestasi dan ciri-ciri konkrit seperti kekuatan mampatan, kekuatan lentur, ketumpatan, tukul pantul Schmidt, halaju denyut (PUNDIT), pengkarbonatan dan kadar resapan air. Secara tidak langsung ianya memainkan peranan penting dalam industri binaan yang kebanyakannya menggunakan simen dalam penghasilan konkrit.

Kajian sebelum ini iaitu tentang penggunaan bahan buangan dalam industri binaan yang telah dijalankan oleh Prof.Ir.Dr. Mahyuddin Ramli dari Pusat Pengajian Perumahan, Bangunan dan Perancangan Universiti Sains Malaysia dimana bahan buangan seperti abu sekam padi, sekam padi, habuk kayu dan hampas tebu mampu menjadi bahan pengganti simen atau penguat konkrit.

Menurut Timbalan Dekan Fakulti Kejuruteraan Awam Universiti Teknologi Malaysia, Prof Dr Mohd Warid Hussin, berkata penemuan terbaru abu kelapa sawit sebagai pengganti simen dalam konkrit boleh menahan barah konkrit. Hasil kajian Fakulti Kejuruteraan Awam dinamakan Palm Oil Fuel Ash atau POFA , ianya berupaya bertindak sebagai bahan tambah dan simen konkrit. Penggunaan POFA mampu menjadikan konkrit lebih kukuh dan tahan lama berbanding dengan simen biasa.

Hasil kajian ini akan dapat menjana peningkatan prestasi bahan tersebut disamping mempelbagaikan kegunaannya dalam pembinaan selain dari jadi baja tanaman. Penggunaannya dalam pembinaan diharap dapat menghindarkan barah konkrit dan pengganti separa simen.

1.2 Objektif Kajian

Dalam kajian ini, ianya untuk mendapatkan serta mengenalpasti perkara berikut:

- i. Mengkaji kesesuaian abu kelapa sawit sebagai bahan pengganti simen
- ii. Mengkaji berapa peratus abu kelapa sawit yang boleh digunakan sebagai bahan pengganti simen.
 - a. Mengkaji reka bentuk campuran kajian.
 - b. Menentukan prestasi konkrit dengan menjalankan beberapa siri ujian piawai seperti kekuatan mampatan, kekuatan lentur, ketumpatan, tukul pantul Schmidt dan halaju denyut (PUNDIT)
 - c. Menentukan prestasi konkrit dengan menjalankan beberapa siri ujian piawai seperti pengkarbonatan dan kadar resapan air.

1.3 Skop Kajian

Tujuan utama kajian ini dijalankan adalah untuk menentukan peratus optimum kandungan abu kelapa sawit bagi menggantikan simen tanpa menjejaskan kekuatan konkrit seterusnya akan menjadi garis panduan untuk menghasilkan tesis ini.

1.4 Susunatur Tesis

Tesis ini mengandungi 5 bab. Bab 1 terdiri daripada pengenalan kajian yang membincangkan permasalahan yang wujud sehingga kajian ini dilakukan. Dalam bab ini juga diberikan penerangan tentang mengapa abu kelapa sawit digunakan sebagai bahan pengganti simen. Selain dari itu bab 1 juga memberikan penerangan tentang objektif dan skop kajian.

Bab 2 menerangkan latar belakang tentang kajian terhadap abu kelapa sawit dan simen daripada beberapa sumber rujukan. Dalam bab ini dikenalpasti ciri-ciri abu kelapa sawit dan simen.

Bab 3 menerangkan kepada siri ujian yang dijalankan di makmal Pusat Pengajian Perumahan, Bangunan dan Perancangan, USM Pulau Pinang. Bab ini menerangkan prosedur ujian mengikut piawai yang telah ditetapkan bagi menentukan kekuatan dan reka bentuk campuran yang dikaji.

Bab 4 adalah mengenai perbincangan terhadap keputusan yang diperolehi daripada setiap ujian yang telah dijalankan. Perbincangan adalah berdasarkan jadual dan graf yang terhasil daripada ujian yang merangkumi analisis keputusan dan perbincangan terhadap ciri-ciri kejuruteraan dan ketahanan seperti kekuatan mampat, kekuatan lentur, halaju denyut, ketumpatan, tukul Schmidt, pengkarbonatan dan kadar resapan air.

Akhir sekali dalam bab 5 adalah kesimpulan yang diperolehi daripada hasil kajian dan analisis keputusan ujian yang telah dijalankan terhadap reka bentuk kajian dan seterusnya dinyatakan cadangan untuk kajian lanjutan berkaitan dengan bidang penyelidikan ini.

BAB DUA

LATAR BELAKANG KAJIAN

2.0 Pengenalan

Simen merupakan sejenis bahan berbentuk serbuk halus warna kelabu yang digunakan untuk menyebatkan pasir dan batu menjadi matriks konkrit padu. Ia adalah pelekat yang menggabungkan kebanyakan infrastruktur global kita yang moden. Konkrit ialah bahan yang kedua terbanyak digunakan di dunia selepas air dan penggunaannya adalah hampir satu tan setiap tahun bagi tiap-tiap orang. Industri simen mengeluarkan 1.6 bilion tan simen setiap tahun untuk kegunaan infrastruktur global yang moden – dari jalan raya ke jambatan, empangan ke sistem rawatan air, dan rumah, sekolah ke hospital. Memang sukar untuk membayangkan sebuah masyarakat tanpa simen.

Simen adalah antara bahan utama dalam penyediaan konkrit. Disebabkan permintaannya di dalam bidang pembinaan meningkat, lama kelamaan ianya akan berkurangan. Pada suatu masa nanti ianya akan habis digunakan. Selain dari itu aktiviti perlombongan batu kapur boleh menyebabkan sistem ekologi terganggu.

Untuk itu satu kajian mengenai penggunaan simen dalam konkrit perlu dijalankan iaitu menggantikan simen dengan abu kelapa sawit. Penggunaan abu kelapa sawit merupakan alternatif terbaik dalam penghasilan konkrit. Abu kelapa sawit tehasil daripada tandan buah kelapa sawit yang dibakar dan tidak mempunyai nilai komersial kerana kebanyakan abu kelapa sawit pada masa kini digunakan untuk membuat baja pokok. Kajian peratusan abu kelapa sawit dalam menggantikan simen akan dijalankan. Ianya merupakan bahan yang sesuai dalam menggantikan simen kerana mempunyai ciri yang hampir sama.

2.1 Simen

Simen hidrolik juga sesuai untuk pengeluaran panel pasang siap, blok bangunan, jubin atap, paip, lantai turap dan malah barang berdinding nipis seperti kepingan atap serta perkakas air hujan. Simen dikelaskan dalam dua kategori utama seperti berikut iaitu:

2.1.1. Simen Bukan Hidrolik (Non-Hydraulic Cements)

Simen di mana tidak akan bertindakbalas dan mengeras apabila diadun dengan air (contoh: kapur bukan hidrolik) atau bahan simen yang tidak stabil di dalam air (contoh: plaster of Paris)

2.1.2. Simen Hidraulik (Hydraulic Cements)

Ianya bertindakbalas dan mengeras apabila dicampurkan dengan air, dan menghasilkan bahan pejal mampu stabil di dalam air. Simen Portland dari dahulu hingga sekarang adalah yang bahan terpenting dan digunakan secara meluas sebagai simen hidrolik.

Simen hidrolik bertindak luah haba apabila bercampur dengan air untuk membentuk jisim yang keras, jisim kuat mempunyai kebolehlarutan yang amat rendah. Beberapa kalsium silikat, kalsium aluminat dan sebatian yang berkaitan boleh bertindak balas dengan cara ini dan merupakan komponen aktif dalam simen hidrolik yang komersial. Simen hidrolik komersial mengandungi deretan sebatian yang aktif tidak dari satu sebatian sahaja.

Menurut G.F. Blackledge (1992), komposisi kimia simen terlalu kompleks untuk dibincangkan sepintas lalu. Ahli kimia simen telah memperkenalkan simbol trengkas bagi formula kimia silikat yang kompleks. Dalam kimia simen terdapat simbol lanjutan yang mana C boleh digunakan untuk mewakili CaO , S untuk SiO_2 (silikon dioksida) dan A mewakili Al_2O_3 (Aluminium oksida). Dengan kaedah yang sama, H_2O ditulis sebagai

H dan Fe_2O_3 (ferik oksida) sebagai F. Simbol-simbol lain juga digunakan tetapi yang paling biasa ada ditunjukkan di dalam Jadual 2.0.

Jadual 2.0 : Sebatian yang biasa terdapat pada kimia simen. G.F. Blackledge (1992),

| Nama | Rumusan Empirik | Rumusan Oksida | Rumusan Singkat | Evolusi Panas Dan Pengerasan |
|------------------------|------------------------------------|---|-----------------------|------------------------------|
| Tricalcium silicate | Ca_3SiO_5 | $3\text{CaO}.\text{SiO}_2$ | C_3S | Cepat |
| Dicalcium silicate | Ca_2SiO_4 | $2\text{CaO}.\text{SiO}_2$ | C_2S | Lambat |
| Tricalcium aluminate* | $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ | $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$ | C_3A | Cepat |
| Calcium aluminoferrite | $2\text{Ca}_2\text{AlFeO}_5$ | $4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$ | C_4AF | Lambat |

2.1.3 Jenis – jenis Simen

Pada masa kini simen diklasifikasikan kepada beberapa jenis berdasarkan kepada komposisi campuran bahan mentah yang digunakan untuk menghasilkan bahan tersebut. Misalnya untuk simen jenis Simen Portland dapat dibahagikan kepada simen jenis Simen Portland Biasa (OPC), Simen Portland Cepat Keras (*Rapid Hardening Portland Cement*), Simen Portland Tahan Kepada Sulfat (*Sulphate Resisting Portland Cement*), Simen Portland Relau Bagas (*Portland Blast-Furnace Cement*), Simen Portland Bersuhu Rendah (*Low Heat Portland Cement*), Simen Putih Portland (*White Portland Cement*) dan Simen Portland Berwama (*Coloured Portland Cement*).

Namun terdapat lagi simen jenis lain selain daripada jenis simen Portland seperti Simen Semulajadi (*Natural Cement*), Simen Beralumina Tinggi (*High Alumina Cement*), Simen Supersulfat (*Supersulphate Cement*) dan juga simen yang dihasilkan untuk tujuan dan fungsi yang tertentu dan dikenali sebagai simen istimewa iaitu seperti Simen Mansory, Simen Tahan Air (*Waterproof Cement*) , Simen Hidropobik (*Hidrophobic Cement*) dan sebagainya.

Untuk tujuan latihan ilmiah dan penyelidikan ini satu jenis simen sahaja yang akan diberi penekanan serta menjadi bahan kajian utama bagi mengkaji prestasi konkrit iaitu Simen Portland Biasa (OPC) yang akan direkabentuk bancuannya pada gred prestasi tinggi dengan menggunakan bahan tambah iaitu *accelerator* (pencepat), *superplasticizer* (super pemplastikan), *silica fume* dan resin(bahan kimia).

Simen Portland Biasa.

Simen Portland biasa adalah simen yang paling popular digunakan dalam industri pembinaan. Komposisi bahan kimia simen Portland Biasa terdiri daripada bahan berkapur (CaO) sebanyak 60% hingga 67 %, Silika (SiO_2) sebanyak 17% hingga 25 %, bahan Alumina (Al_2O_3) sebanyak 3% hingga 8%, Iron Oksida (Fe_2O_3) sebanyak 0.5% hingga 6%, kandungan Magnesia (MgO) sebanyak 0.1% hingga 4% , Sulfur Trioksida (SO_3) sebanyak 1% hingga 3% dan Soda (Na_2O) dan Potash (K_2O) antara 0.5% hingga 1.3 %.

Jika kandungan bahan berkapur terlalu tinggi, ianya akan meningkatkan masa pengerasan konkrit yang dikenali sebagai '*setting time*' tetapi akan memberi lebih kekuatan awal yang tinggi tetapi kekurangan bahan berkapur akan mengurangkan kekuatan simen, manakala bahan silika dan alumina hanyalah bahan pelengkap. Kehadiran peratusan silika yang tinggi akan memanjangkan masa pengerasan konkrit tetapi akan meningkatkan kekuatan konkrit. Manakala peratusan bahan alumina yang tinggi akan mengurangkan masa pengerasan konkrit tetapi akan juga meningkatkan kekuatan konkrit.

Bahan iron oksida bukan sejenis bahan yang aktif tetapi kehadirannya perlu untuk memberikan wama kelabu (*grey*) kepada simen Portland. Gabungan iron oksida dengan bahan kapur dan silika memberi sedikit kelebihan ketika pengeluaran iaitu sifat perlakuran (*fusion*) kepada bahan tersebut. Bahan soda dan potash hanya mempunyai sedikit nilai dan tidak memberikan kesan yang penting oleh itu tanpa kehadiran bahan ini tidak akan memberi kesan kepada komposisi simen Portland.

2.2 Abu Kelapa Sawit

Analisis kajian ini adalah untuk mengenalpasti samada abu kelapa sawit sesuai untuk menggantikan simen dalam konkrit. Perbandingan dilakukan ke atas kekuatan mampatan kub konkrit yang menggunakan abu kelapa sawit dengan konkrit biasa. Jika kekuatan mampatan yang menggunakan abu kelapa sawit mempunyai prestasi yang sama atau lebih baik dari kekuatan mampatan konkrit biasa. Maka ini menunjukkan abu kelapa sawit mempunyai potensi baik dalam menyelesaikan masalah dalam kajian.

Selain dari itu kita dapat memelihara penggunaan bahan api fosil yang tidak boleh dipulih semula seperti minyak dan arang batu. Mengurangkan pelepasan CO^2 dengan menggantikan bahan api fosil dengan buangan yang jika tidak digunakan, akan dibakar atau ditanam lalu menghasilkan pelepasan gas rumah hijau – CO^2 dan metana.

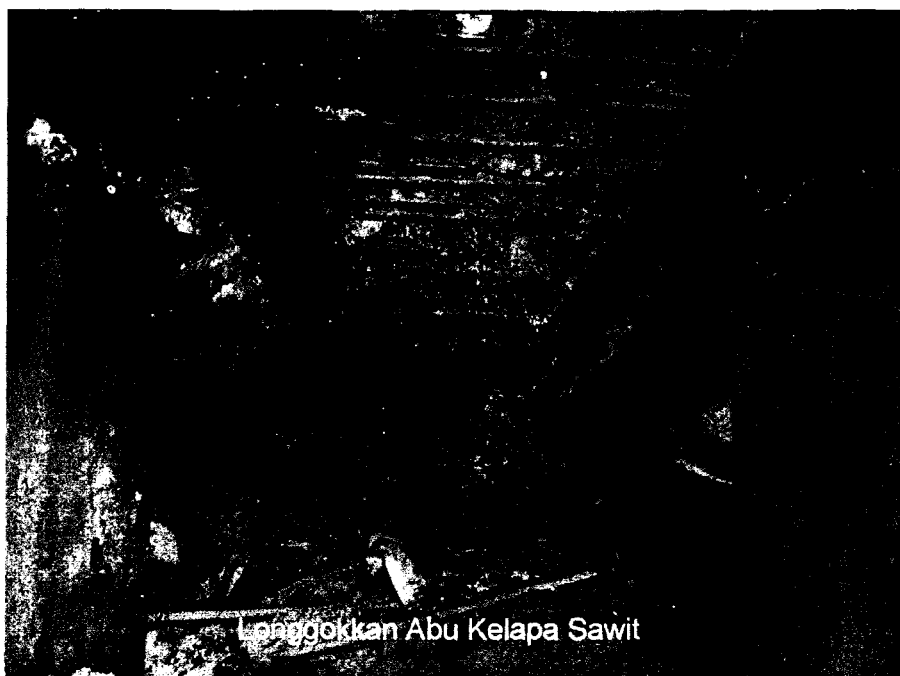
Abu kelapa sawit juga mempunyai kandungan potassium yang tinggi selalu digunakan sebagai baja organik. Ianya dihasilkan dalam suhu pembakaran 600°C didalam furnace. Ianya mengandungi unsur-unsur semulajadi seperti nitrogen dan potassium oksida dan bersifat alkali.



Gambarfoto 2.1 : Tandan Kelapa Sawit



Gambarfoto 2.2 : Relau Pembakar Tandan Kelapa Sawit



Gambarfoto 2.3 : Dalam Relau Pembakar

BAB TIGA

PROGRAM KAJIAN

3.0 Pengenalan

Penyelidikan ini adalah untuk mengkaji pontensi bahan buangan yang digabungkan atau diadunkan bersama konkrit. Komposisi campuran konkrit yang digunakan dalam kajian ini mempunyai peratus yang didasarkan oleh ukuran berat.

3.1 Komposisi Bahan

Konkrit merupakan bahan yang paling kerap digunakan di dalam industri binaan. Ianya terhasil daripada campuran simen, batu dan pasir yang di adun bersama air mengikut kuantiti yang ditetapkan. Ini adalah untuk membentuk satu campuran yang berjelekit dan senang dikerjakan kemudian dibiarkan mengeras untuk pembentukkan struktur. Konkrit yang berkualiti bergantung kepada reka bentuk, bahan mentah yang digunakan, nisbah campuran, keadah mengadun, mengangkut, perletakkan, pemadatan, pengawetan, keadaann reka bentuk acuan dan keadah menguji serta kawalan mutu.

3.1.1 Simen

Simen yang digunakan dalam penyediaan reka bentuk campuran konkrit ini adalah simen Portland biasa dimana kadar kehilangan haba yang kurang semasa proses penyejatan akan mempengaruhi kekuatan struktur.

3.1.2 Agregat

lanya merupakan salah satu komponen yang penting dimana kekuatan dan kelasakan konkrit dipengaruhi. Saiz butiran, kekuatan serta ikatannya, sifat-sifat fizikal seperti ketumpatan, ketumpatan bandingan, serapan, kandungan lembapan, gemburan (*bulking*), *soundness* dan rintangan terhadap kakisan seperti asid dan alkali. Agregat terbahagi kepada dua iaitu kasar dan halus.

3.1.2.1 Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan adalah batu granit hancur yang diperolehi dari kuari. Saiz yang digunakan adalah 10 mm. Analisis ayak ke atas agregat kasar juga dibuat dengan berpandukan kepada piawaian BS 812.

3.1.2. 2 Agregat halus

Agregat halus yang digunakan dalam campuran kajian ini adalah daripada pasir sungai. Perkadaran agregat ini ditentukan dengan ujian analisis ayakan sampel mengikut piawai BS 812 yang keseluruhannya terdiri daripada zon halus dan zon sederhana.

3.1.3 Air

lanya merupakan sumber yang penting dalam bancuhan konkrit. Air untuk campuran konkrit ini diambil daripada air tawar bekalan terus yang dibekalkan oleh Pihak Berkuasa Air Pulau Pinang. Air ini telah dirawat dan bebas dari pencemaran bahan organik, kimia, selut, tanah liat, minyak dan sebarang bahan yang membahayakan. Penggunaan air yang tercemar atau yang tidak dirawat boleh memberikan kesan terhadap konkrit.

3.1.4 Bahan Buangan

Bahan buangan yang digunakan untuk kajian terdiri daripada abu kelapa sawit telah diperolehi dari kilang kelapa sawit Matthew Palm Oil, Sungai kecil, Nibong Tebal, Seberang Perai Selatan dengan harga RM 0.10 sekilo.

Kebanyakan bahan yang diperolehi dalam keadaan lembap iaitu mempunyai tahap kelembapan yang tinggi. Bahan tersebut telah dikering di udara untuk jangka masa tertentu sebelum boleh digunakan dalam campuran konkrit.



Gambarfoto 3.1 : Abu Kelapa Sawit

3.2 Penyediaan Reka Bentuk Campuran

Penyediaan bahan reka bentuk campuran dilakukan di makmal konkrit Pusat Pengajian Perumahan, Bangunan dan Perancangan, Universiti sains Malaysia. Reka bentuk campuran yang digunapakai adalah Kaedah Jabatan Alam sekitar (Mahyuddin Ramli, 1989).

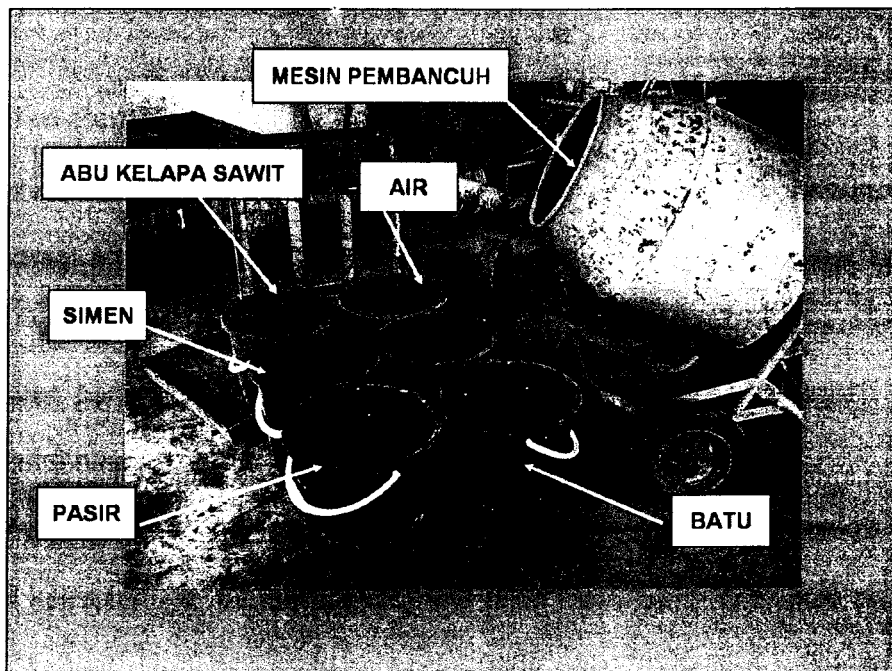
Reka bentuk campuran yang digunakan adalah dengan nisbah air simen 0.57.

Bahan abu kelapa sawit yang telah dikeringkan disukat dengan ukuran isipadu yang ditetapkan iaitu 5% : 10% : 20% dan 50% daripada isipadu simen.

Jadual 3.1: Peratus Reka bentuk campuran.

| Bil | Bahan | Peratus % |
|-----|------------------|--------------------------------|
| 1 | Air | 8.36 |
| 2 | Simen / | 16.9 |
| 3 | Pasir | 29.35 |
| 4 | Batu | 45.39 |
| 5 | Abu kelapa sawit | 5, 10, 20, 50 daripada % simen |

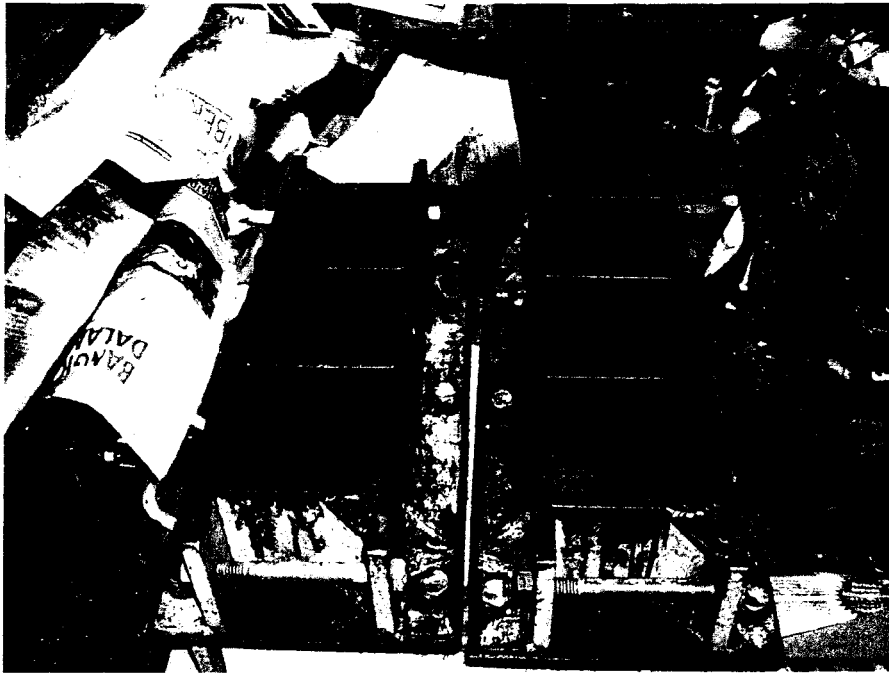
Mesin pembancuh simen digunakan dalam penyediaan untuk mengaulkan kesemua bahan-bahan yang telah disediakan. Di mulakan dengan menuangkan batu, kemudian sebahagian pasir, simen dan sebahagian pasir yang tinggal. Campuran ini digaulkering hingga rata dan sempurna. Bahan abu kelapa sawit dimasukkan ke dalam campuran tadi dan digaulkering hingga rata dan sempurna. Air dituang sedikit demi sedikit dalam campuran tadi hingga rata dan sehati. Lakukan proses mengaulkan selama 2 – 3 minit.



Gambarfoto 3.2 : Persediaan Peralatan Bancuhan dan Bahan Campuran Konkrit

3.2.1 Penyediaan Sampel Kiub dan Prisma

Campuran yang telah sebatikan akan dituangkan ke dalam acuan keluli kiub bersaiz 100 mm X 100 mm X 100 mm dan acuan prisma bersaiz 100 mm X 100 mm X 500 mm yang akan digunakan sebagai sampel ujian kawalan dan ujian prestasi.



Gambarfoto 3.3 : Acuan kiub dan Prisma

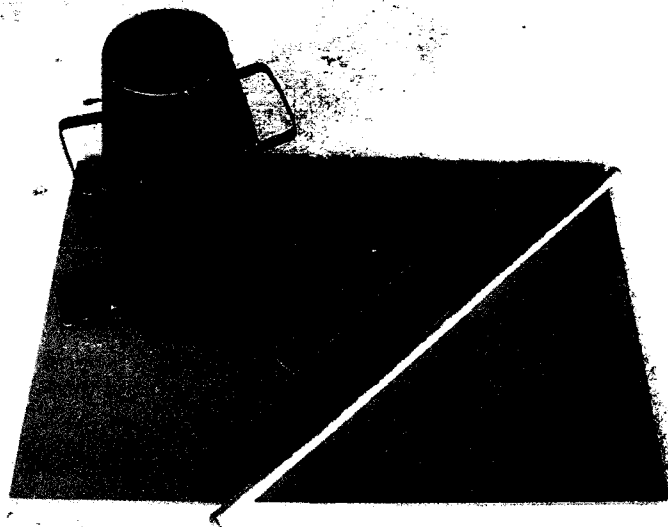
3.3. Ujian Penurunan

Sebelum sesuatu bancuhan konkrit digunakan, ujian penurunan perlu dilakukan bagi menentukan kebolehkerjaan bancuhan konkrit. Ini untuk memastikan bancuhan konkrit tersebut memenuhi keperluan dan tidak menimbulkan masalah ketika proses perletakan dilakukan. Nilai penurunan untuk kebolehkerjaan sederhana antara 30 mm hingga 60 mm.

Ianya juga memastikan ketekalan (*consistency*) bancuhan konkrit disamping mengawal kekuatannya. Ini merupakan satu ujian kasar yang dilakukan pada sampel bancuhan konkrit yang dibancuhkan pada masa yang berlainan untuk menentukan bahawa bancuhan itu mengandungi jumlah air yang lebih kurang sama, tidak terlalu cair atau terlalu kering. Alat-alat yang digunakan untuk menjalankan ujian ini adalah

sebuah acuan (*slump cone*) yang diperbuat daripada kepingan logam dan alat getar atau sebatang besi bulat ber garispusat 16 mm. Ujian penurunan hendaklah dilakukan mengikut langkah-langkah seperti berikut:

1. Acuan diletakkan di atas lantai yang rata dan dibasahkan terlebih dahulu sebelum diisi konkrit.



Gambarfoto 3.4 : Peralatan Ujian Penurunan

2. Sampel konkrit yang hendak diuji mestilah diambil daripada bancuhan yang baru dibuat. Sampel yang diambil itu hendaklah diisi ke dalam acuan secara berlapis iaitu dalam tiga lapis. Tiap-tiap lapis mesti dimampatkan dengan getaran atau dicucuk dengan batang besi yang disediakan sebanyak 25 kali sebelum lapisan yang berikutnya diisi.



Gambarfoto 3.5 : Konkrit dimasukan dalam acuan (slump cone)



Gambarfoto 3.6 : Konkrit dimampatkan dalam Acuan (slump cone)

3. Apabila acuan tersebut telah penuh diisi, permukaan konkrit di gelek rata dengan menggunakan batang besi tadi.
4. Acuan ditarik keluar secara tegak dan diletakkan disebelah spesimen konkrit: Penurunan yang berlaku ialah ukuran tinggi antara spesimen dengan acuan tersebut. Dalam ujian ini, konkrit yang dibancuh cair mengalami penurunan

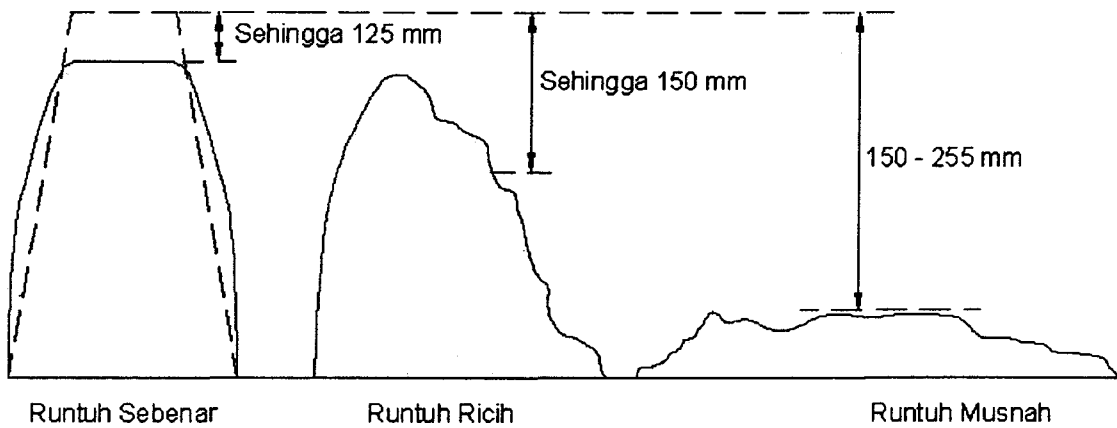
yang lebih dibandingkan dengan penurunan bagi bancuan konkrit yang kurang air. Jenis kerja konkrit yang berlainan memerlukan penurunan yang tertentu untuk menjamin pencapaian kekuatan konkrit yang dikehendaki.



Gambarfoto 3.7 : Acuan (slump cone) diangkat bagi memulakan ujian.



Gambarfoto 3.8 : kaedah menjalankan pengukuran Ujian Penurunan



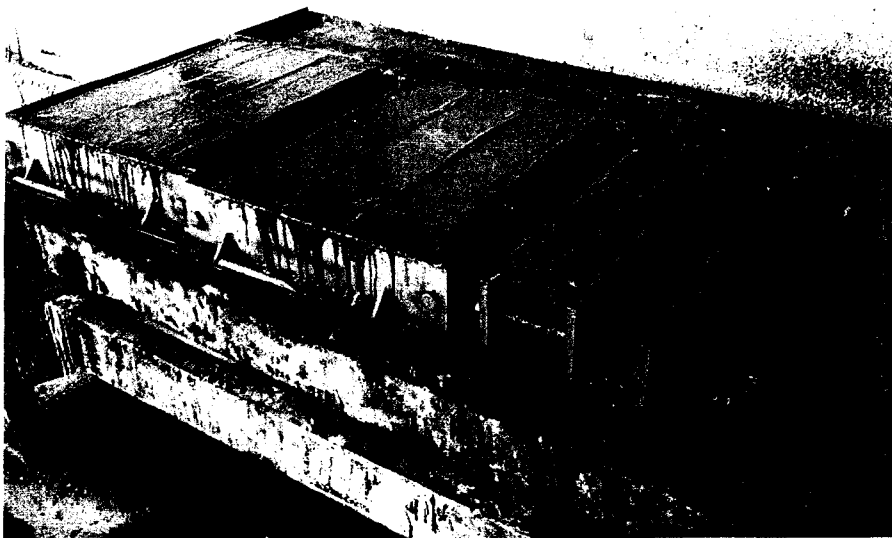
Rajah 3.1: Jenis-jenis Runtuhan

3.4 Perletakan dan Pemadatan

Perletakan konkrit dilakukan selepas memperolehi keboleherjaan konkrit yang sempurna. Pemadatan dilakukan untuk mengeluarkan udara yang terdapat dalam campuran konkrit. Ini bertujuan untuk merapatkan rongga yang terbentuk akibat udara yang terperangkap. Untuk kajian ini, meja penggetar elektrik digunakan. 1/3 campuran konkrit dimasukkan ke dalam acuan, diratakan dan dipadatkan dengan meja penggetar. Proses ini perlu dijalankan tiga kali iaitu tiga lapisan. Apabila semua campuran konkrit telah dimasukkan, ianya perlu diratakan dan dibiarkan mengeras selama 24 jam.



Gambarfoto 3.9: Meja Penggetar



Gambarfoto 3.10: Konkrit Yang telah dituang ke dalam acuan



Gambarfoto 3.11: Spesimen Konkrit Yang Telah Mengeras

3.5 Pengawetan

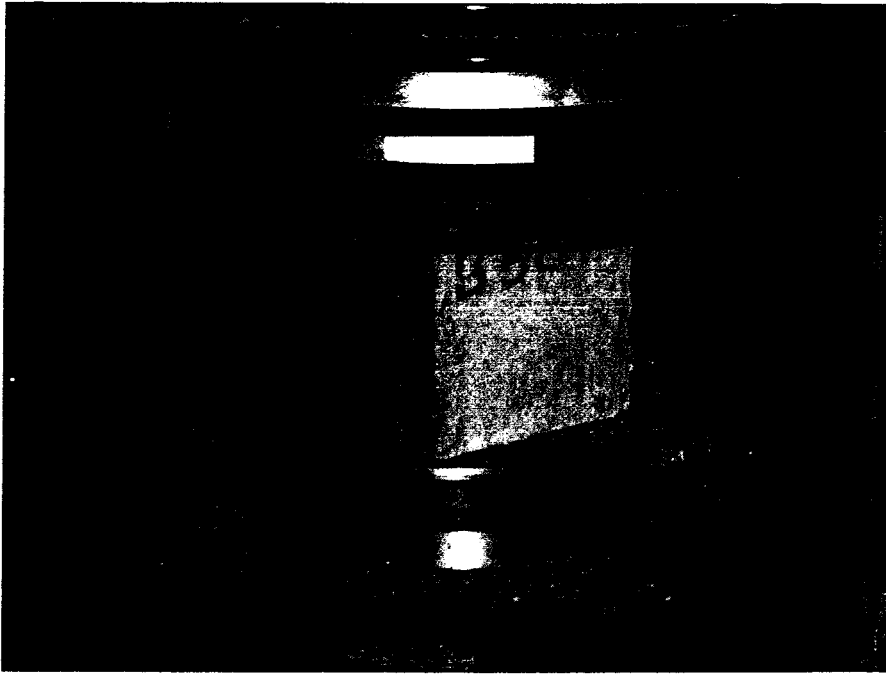
Ianya merupakan satu kaedah melalui proses hidrasi dan penghidratan dengan meletakkan konkrit di bawah satu suhu dan sentiasa lembab pada jangka masa tertentu untuk memastikan kekuatan sesuatu konkrit mencapai tahap yang maksimum. Konkrit yang telah mengeras diletakkan di dalam air tawar selama beberapa hari bagi mewujudkan tindak balas kimia antara unsur-unsur simen dengan air.



Gambarfoto 3.12 : Pengawetan Konkrit

3.6 Ujian Kekuatan Mampat

Ditakrifkan sebagai kekuatan pecah kiub bersaiz 100 mm X 100 mm X 100 mm pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 28 hari dan 90 hari. Mesin pemampat *ELE autotest* dengan piawai BS 1881. Sebanyak 10 sampel konkrit yang telah diawetkan diuji dua kali. Kiub konkrit yang telah diawetkan perlu dikeringkan sekurang-kurang 1 jam dan ditimbang untuk berat keringnya. Kiub tadi disuap dan diletakan di bawah pemampat dalam mesin. Daya mampatan 3.0 kN/mm^2 dikenakan secara automatik perlahan-lahan sehingga kiub konkrit pecah. Bacaan nilai kekuatan akan tertera pada mesin tersebut.



Gambarfoto 3.13: Ujian Kekuatan Mampat

3.7 Kekuatan Lentur

Mesin pemampat *ELE autotest* dengan piawai BS 1881. Sebanyak 10 sampel prisma konkrit yang telah diawetkan diuji dua kali. Prisma bersaiz 100 mm X 100 mm X 500 mm pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 28 hari dan 90 hari

Prisma konkrit yang telah diawetkan perlu dikeringkan sekurang-kurang 1 jam dan ditimbang untuk berat keringnya. Prisma tadi disuap dan diletakan di bawah pemampat dalam mesin dengan menggunakan dua beban titik dengan jarak rentang antara penatang adalah 400 mm. Beban 0.5 kN/sec dikenakan secara automatik perlahan-lahan sehingga prisma konkrit patah. Bacaan nilai beban akan tertera pada mesin tersebut.